

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
22. Januar 2004 (22.01.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/008216 A2

(51) Internationale Patentklassifikation⁷: G02B 17/06,
B23K 26/06

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/JP2003/006283

(22) Internationales Anmeldedatum:
14. Juni 2003 (14.06.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
102.30.960.4 10. Juli 2002 (10.07.2002) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungstaaten mit Ausnahme von
USA): TRUMPF LASERTECHNIK GMBH (DE/DE), Jo-
hann-Maus-Straße 2, 71254 Ditzingen (DE)

(72) Erfinder: und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): ZELLER, Thomas
(DE/DE); Obere Vorstadt 72, 71063 Sindelfingen (DE);
SCHULZ, Joachim (DE/DE); Fritz-Reuter-Str. 22, 70193
Stuttgart (DE).

(74) Anwalt: RANK, Christoph; Köhler, Schmidt + Partner
Patentanwälte GbR, Ruppinerstrasse 27, 70565 Stuttgart
(DE)

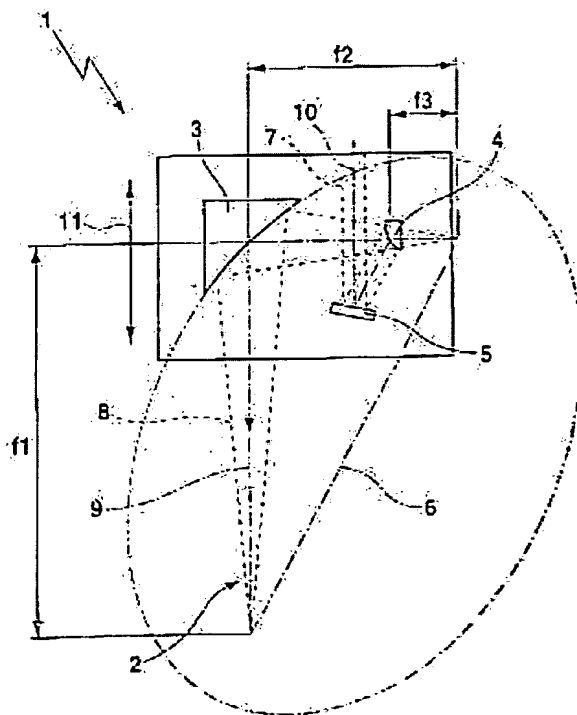
(81) Bestimmungstaaten (national): JP, US

(84) Bestimmungstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,
HU, IL, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR)

(Fortsetzung auf der nächsten Seite)

(53) Title: LASER MACHINE TOOL

(54) Bezeichnung: LASERBEARBEITUNGSMASCHINE



(57) Abstract: The invention relates to a laser machine tool for machining workpieces using a laser beam (2). Said laser machine tool comprises a telescope (1) for widening the laser beam (2), an elliptical mirror (3) and a parabolic mirror (4) whose rotation axes (6) run parallel to one another, in particular, in a collinear manner. This alignment enables the reflective surfaces of both mirrors to be produced in a single fixture (e.g. by diamond turning) with a level of precision that renders a subsequent adjustment unnecessary.

(57) Zusammenfassung: Bei einer Laserbearbeitungsmaschine zum Bearbeiten von Werkstücken mittels eines Laserstrahls (2) umfasst ein Teleskop (1) zum Aufweiten des Laserstrahls (2) einen Ellipsoidspiegel (3) und einen Parabolspiegel (4), deren Rotationsachsen 10 (6) parallel zueinander, insbesondere kollinear, verlaufen. Durch diese Ausrichtung können die reflektierenden Oberflächen der beiden Spiegel in einer einzigen Aufspannung (z.B. durch Diamantdrehen) bereits so genau hergestellt werden, dass eine nachträgliche Justage nicht mehr erforderlich ist.

WO 2004/008216 A2

BEST AVAILABLE COPY

5

10

15

20

25

Laserbearbeitungsmaschine

Die Erfindung betrifft eine Laserbearbeitungsmaschine zum Bearbeiten von
Werkstücken mittels eines Laserstrahls mit einem Teleskop zum Aufweiten des
30 Laserstrahls, das einen Ellipsoidspiegel und einen Paraboloidspiegel aufweist, sowie
ein Verfahren zum Herstellen der reflektierenden Oberflächen der Ellipsoid- und
Paraboloidspiegel für eine solche Laserbearbeitungsmaschine.

Ein Ellipsoid ist ein elliptischer Rotationskörper, der durch Rotation einer Ellipse um eine Rotationsachse, speziell um eine der Ellipsenhalbachsen, entsteht und durch zwei Brennweiten charakterisiert wird. Unter einem Ellipsoidspiegel wird im Folgenden ein Spiegel verstanden, dessen Spiegelfläche als Ellipsoidsegment

5 ausgebildet ist. Ein Paraboloid ist ein parabolischer Rotationskörper, der durch Rotation einer Parabel um eine Rotationsachse, speziell um die Symmetrieachse der Parabel, entsteht und durch eine Brennweite charakterisiert wird. Unter einem Paraboloidspiegel wird im Folgenden ein Spiegel verstanden, dessen Spiegelfläche als Paraboloidsegment ausgebildet ist.

10

Bei Laserbearbeitungsmaschinen mit Scannersystemen, die z.B. zum Remote Welding eingesetzt werden, ist vor den Ablenkspiegeln (Scannerspiegeln) eine verfahrbare Optik angeordnet, über welche die Fokusslage des Laserstrahls variiert wird. Da gleichzeitig der Laserstrahl ausgeweitet wird, um einen kleinen

15 Fokussdurchmesser zu erzielen, werden für kleine Leistungen verfahrbare Teleskope mit transmittiven Optiken und für große Leistungen verfahrbare Teleskopsysteme mit einem Ellipsoidspiegel und einem Paraboloidspiegel, die üblicherweise als Metalloptiken ausgeführt sind, eingesetzt.

20 Beim Aufbau eines solchen Teleskopsystems hat sich allerdings die Ausrichtung der beiden Spiegel zueinander als problematisch herausgestellt. Zur Ausrichtung der beiden Spiegel sind fünf Justageachsen notwendig. Neben dem hohen Justageaufwand wird der Aufbau des Teleskopsystems dadurch erschwert, dass derzeit keine geeigneten Messverfahren und Instrumente existieren, die eine genaue

25 Ausrichtung der Spiegel zueinander erlauben.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, bei einer Laserbearbeitungsmaschine der eingangs genannten Art den zum Justieren der Ellipsoid- und Paraboloidspiegel erforderlichen Aufwand zu reduzieren.

30

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Rotationsachsen des Ellipsoidspiegels und des Paraboloidspiegels parallel zueinander, insbesondere kollinear, verlaufen. Bevorzugt fällt der Brennpunkt des Paraboloidspiegels mit einem Brennpunkt des Ellipsoidspiegels zusammen.

Durch die parallele und insbesondere kollineare Ausrichtung der beiden Spiegel können die reflektierenden Oberflächen der beiden Spiegel in einer einzigen Aufspannung (z.B. durch Diamantdrehen) bereits so genau hergestellt werden, dass
5 eine nachträgliche Justage nicht mehr erforderlich ist. Daher sind bei besonders bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung der Ellipsoidspiegel und der Paraboloidspiegel gegeneinander unverstellbar, d.h. ohne jegliche Justageeinrichtung, angeordnet. Beispielsweise können, bevor die reflektierenden Oberflächen der beiden Spiegel gefertigt werden, die Spiegelrohlinge auf ein
10 gemeinsames Trägerelement montiert werden und dort dauerhaft fixiert bleiben.

Vorzugsweise verlaufen die optischen Achsen des in das Teleskop einfallenden und des aus dem Teleskop ausfallenden Laserstrahls parallel zueinander. Diese Maßnahme hat den Vorteil, dass das Teleskop parallel zur optischen Achse des in
15 das Teleskop einfallenden Laserstrahls verfahren werden kann, und zwar entweder in gleicher oder entgegengesetzter Richtung des einfallenden Laserstrahls.

In besonders bevorzugten Ausführungsformen weist das Teleskop einen Zusatzspiegel auf, der die optische Achse des in das Teleskop einfallenden
20 Laserstrahls parallel zur optischen Achse des aus dem Teleskop ausfallenden Laserstrahls ausrichtet. Diese Maßnahme ermöglicht die Verfahrbarkeit des Teleskops in Richtung des ein- bzw. ausfallenden Laserstrahls, ohne dass im Strahlengang des Laserlichts zusätzliche Optiken erforderlich sind. Bevorzugt ist der Zusatzspiegel im Strahlengang vor dem Paraboloidspiegel angeordnet.

25 Erfindungsgemäß können die reflektierenden Oberflächen des Ellipsoidspiegels und des Paraboloidspiegels in einer einzigen Aufspannung mittels einer Bearbeitungsmaschine gefertigt werden, deren Drehachse bei der Herstellung der reflektierenden Oberflächen der beiden Spiegel kollinear zu deren Rotationsachsen
30 verläuft.

Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung und der Zeichnung. Ebenso können die vorstehend genannten und die noch weiter aufgeführten Merkmale je für sich oder zu mehreren in beliebigen Kombinationen

Verwendung finden. Die gezeigten und beschriebenen Ausführungsformen sind nicht als abschließende Aufzählung zu verstehen, sondern haben vielmehr beispielhaften Charakter für die Schilderung der Erfindung.

5 Es zeigen:

- Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Teleskops mit Ellipsoid-, Paraboloid- und Zusatzspiegel in einer schematischen Darstellung;
 - 10 Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Teleskops in einer Darstellung analog zu Fig. 1;
 - Fig. 3 ein drittes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Teleskops in einer Darstellung analog zu Fig. 1;
 - Fig. 4 ein viertes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Teleskops in
 - 15 einer Darstellung analog zu Fig. 1; und
 - Fig. 5 das erfindungsgemäße Teleskop mit einem gemeinsamen Trägerelement für den Ellipsoid- und den Paraboloidspiegel.
- 20 Das in **Fig. 1** gezeigte Teleskop 1 ist vor den Scannerspiegeln einer Laserbearbeitungsmaschine angeordnet und dient sowohl zum Aufweiten des Laserstrahls 2 der Laserbearbeitungsmaschine als auch zum Variieren der Fokusslage des Laserstrahls 2.
- 25 Das Teleskop 1 umfasst einen konkaven Ellipsoidspiegel 3, einen konvexen Paraboloidspiegel 4 sowie einen planen Zusatzspiegel 5. Der Ellipsoid- und der Paraboloidspiegel 3, 4 haben eine kollineare Rotationsachse 6 und sind gegeneinander unverstellbar angeordnet. Der Ellipsoidspiegel 3 mit seinen zwei Brennpunkten ist durch die beiden Brennweiten f_1 , f_2 und der Paraboloidspiegel 4 mit
- 30 seinem einen Brennpunkt durch die Brennweite f_3 charakterisiert. Im gezeigten Ausführungsbeispiel fällt der Brennpunkt des Paraboloidspiegels 4 mit einem Brennpunkt des Ellipsoidspiegels 3 zusammen.

Der in das Teleskop 1 einfallende Laserstrahl 7 wird vom Zusatzspiegel 5 auf den Paraboloidspiegel 4 und von diesem auf den Ellipsoidspiegel 3 abgelenkt, der den aus dem Teleskop 1 ausfallenden Laserstrahl 8 bzw. dessen optische Achse 9 parallel zur optischen Achse 10 des einfallenden Laserstrahls 7 und in Richtung des einfallenden Laserstrahls 7 ablenkt. Das Teleskop 1 ist folglich – ohne Zwischenschaltung weiterer optischer Elemente - in Richtung der optischen Achse 9 bzw. 10, d.h. in Richtung des Doppelpfeils 11, verfahrbar, wodurch die Fokusslage des ausfallenden Laserstrahls 8 variiert werden kann.

- 10 Im Unterschied zum Teleskop der Fig. 1 ist bei dem in Fig. 2 gezeigten Teleskop 1 der Paraboloidspiegel 4 konkav ausgebildet und der Zusatzspiegel 5 anders ausgerichtet, um den einfallenden Laserstrahl 7 bzw. dessen optische Achse 10 parallel zur optischen Achse 9 des ausfallenden Laserstrahls 8 auszurichten.
- 15 Das Teleskop 1 der Fig. 3 unterscheidet sich vom Teleskop 1 der Fig. 1 dadurch, dass der Zusatzspiegel 5 den einfallenden Laserstrahl 7 bzw. dessen optische Achse 10 parallel zur optischen Achse 9 und in entgegengesetzter Richtung des ausfallenden Laserstrahls 8 ausrichtet.
- 20 Bei dem in Fig. 4 gezeigten Teleskop 1 ist der Zusatzspiegel 5 so angeordnet, dass die optische Achse 10 des einfallenden Laserstrahls 7 rechtwinklig zur optischen Achse 9 des ausfallenden Laserstrahls 8 gerichtet wird.

- Wie in Fig. 5 gezeigt, sind der Ellipsoid- und der Paraboloidspiegel 3, 4 auf einem Trägerelement 12 gegeneinander unverstellbar fixiert, und zwar schon vor der Herstellung ihrer reflektierenden Oberflächen durch Diamantdrehen. Die Drehachse der Bearbeitungsmaschine, in der das Trägerelement 12 mit den Spiegelrohlingen eingespannt ist, verläuft bei der Herstellung der reflektierenden Oberflächen der beiden Spiegel 3, 4 kollinear zu deren Rotationsachse 6 (in Fig. 5 nicht dargestellt).
- 25 Der Zusatzspiegel 5 kann separat oder ebenfalls auf dem Trägerelement 12 befestigt sein.
- 30

Patentansprüche

5

1. Laserbearbeitungsmaschine zum Bearbeiten von Werkstücken mittels
eines Laserstrahls (2), mit einem Teleskop (1) zum Aufweiten des
Laserstrahls (2), das einen Ellipsoidspiegel (3) und einen
10 Paraboloidspiegel (4) aufweist,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Rotationsachsen (6) des Ellipsoidspiegels (3) und des
Paraboloidspiegels (4) parallel zueinander, insbesondere kollinear,
verlaufen.
- 15 2. Laserbearbeitungsmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
dass der Brennpunkt des Paraboloidspiegels (4) mit einem Brennpunkt des
Ellipsoidspiegels (3) zusammenfällt.
- 20 3. Laserbearbeitungsmaschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch
gekennzeichnet, dass der Ellipsoidspiegel (3) und der Paraboloidspiegel
(4) gegeneinander unverstellbar sind.
- 25 4. Laserbearbeitungsmaschine nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,
dass der Ellipsoidspiegel (3) und der Paraboloidspiegel (4) auf einem
gemeinsamen Trägerelement (12) fixiert sind.
- 30 5. Laserbearbeitungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass die optischen Achsen (10, 9) des in das
Teleskop (1) einfallenden und des aus dem Teleskop (1) ausfallenden
Laserstrahls (7, 8) parallel zueinander verlaufen.
6. Laserbearbeitungsmaschine nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet,
dass das Teleskop (1) einen Zusatzspiegel (5) aufweist, der die optische

Achse (10) des in das Teleskop (1) einfallenden Laserstrahls (7) parallel zur optischen Achse (9) des aus dem Teleskop (1) ausfallenden Laserstrahls (8) ausrichtet.

- 5 7. Laserbearbeitungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Teleskop (1) parallel zur optischen Achse (10) des in das Teleskop (1) einfallenden Laserstrahls (7) verfahrbar ist.
- 10 8. Verfahren zum Herstellen der reflektierenden Oberflächen des Ellipsoidspiegels (3) und des Paraboloidspiegels (4) des Teleskops (1) der Laserbearbeitungsmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
- 15 dass die reflektierenden Oberflächen des Ellipsoidspiegels (3) und des Paraboloidspiegels (4) in einer einzigen Aufspannung mittels einer Bearbeitungsmaschine gefertigt werden, deren Drehachse bei der Herstellung der reflektierenden Oberflächen der beiden Spiegel (3, 4) kollinear zu deren Rotationsachsen (6) verläuft.

Zusammenfassung

5

Bei einer Laserbearbeitungsmaschine zum Bearbeiten von Werkstücken mittels eines Laserstrahls (2) umfasst ein Teleskop (1) zum Aufweiten des Laserstrahls (2) einen Ellipsoidspiegel (3) und einen Paraboloidspiegel (4), deren Rotationsachsen (6) parallel zueinander, insbesondere kollinear, verlaufen. Durch diese Ausrichtung können die reflektierenden Oberflächen der beiden Spiegel in einer einzigen Aufspannung (z.B. durch Diamantdrehen) bereits so genau hergestellt werden, dass eine nachträgliche Justage nicht mehr erforderlich ist.

15 (Fig. 1)